# Министерство образования и науки РФ

# ГОУ ВПО Череповецкий Государственный Университет

# Кафедра промышленной теплоэнергетики

# Курсовой проект

# по теме:

# «Расчет двухзонной методической печи»

|  |
| --- |
| Выполнил студент |
| Группы 9ОМ-31Данилов М.В. |
| Поверил: Синицын Н.Н. |
| Дата: |
| Отметка о зачете: |

**Череповец, 2007- 2008 учебный год.**

# Содержание

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

2

##### **ЧГУ.КП.1101.000.000.ПЗ**

 Разраб.

Данилов М.В.

 Провер.

Синицын Н.Н. Н.Н.

 Реценз.

 Н. Контр.

 Утв.

Лит.

Листов

41

ЧГУ ОМ-31

|  |  |
| --- | --- |
| Задание­­­­­­­­­­­­ | 2 |
| 1. Расчет горения топлива
 | 3 |
| * 1. Пересчет состава топлива
 | 3 |
| * 1. Объем воздуха и продуктов полного сгорания
 | 3 |
| * 1. Низшая теплота сгорания
 | 5 |
| * 1. Температура горения топлива
 | 6 |
| 1. Расчет теплообмена в рабочем пространстве печи
 | 9 |
| * 1. Режим нагрева заготовок
 | 9 |
| * 1. Расчет внешнего теплообмена в рабочем пространстве печи
 | 9 |
| * 1. Расчет нагрева металла
 | 13 |
| * 1. Расчет основных параметров
 | 20 |
| 1. Тепловой баланс печи
 | 21 |
| 1. Основные теплотехнические показатели рабочей печи
 | 31 |
| 1. Аэродинамический расчет
 | 33 |
| * 1. Расчет дымового тракта
 | 33 |
| * 1. Расчет дымовой трубы
 | 36 |
| 1. Расчет топливосжигающих устройств
 | 38 |
| Вывод | 49 |
| Литература | 40 |

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

3

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

 ***Техническое задание.***

 Выполнить проектный расчет методической печи, работающей по двухзонному температурному режиму.

Исходные данные:

1. Производительность печи P=177т/ч
2. Нагреваемый металл: Заготовки квадратного сечения размером 0.100м х 0.100м и длиной 10.5м.
3. Параметры нагрева металла: конечная температура поверхности металла tконпл=1250оС, переход температур по поверности сляба Δtкон=30оС
4. Топливо – природный газ. Состав топлива, в%:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СН4 | С2Н6 | С3Н8 | С4Н10 | С5Н12 | N2 | CO2 |
| 91,9 | 2,1 | 1,3 | 0,4 | 0,1 | 3 | 1.2 |

 5. Температура подогрева воздуха 

***1 Расчет горения топлива***

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

* 1. *Пересчет состава топлива*

Для газового топлива пересчет объемного состава газа с сухого на влажный проводится по формуле:



где dr ­– влагосодержание газа, г/м3, х – содержание компонента, %



* 1. *Объем воздуха и продуктов полного сгорания.*

Теоретический расход сухого кислорода:



Теоретический расход сухого окислителя:



где O2ок – объемное содержание O2 в окислителе, %

 

Расход сухого окислителя при 

 

Расход сухих трехатомных газов:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

6

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



Теоретический выход азота:



где N2ок – объемное содержание азота в окислителе, %

Теоретический выход водяных паров:



где dок – влагосодержание окислителя, г/м3

Выход продуктов полного сгорания при 



Объемный состав продуктов полного сгорания:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

7

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

Плотность продуктов сгорания при нормальных условиях:



* 1. *Низшая теплота сгорания*

Для газообразного топлива определяется по формуле:



*1.4 Температура горения топлива*

Энтальпия продуктов сгорания:



где – химическая энтальпия продуктов сгорания:



где  – недожог топлива, кДж/м3 (=0%)

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

8

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

  – физическое тепло, вносимое воздухом и газом



Из приложения 4 при t=400 0С изобарная теплоемкость воздуха:

Сp = 1,328 кДж/(м3\*К);

Тогда энтальпия воздуха:



Выбираем для расчета температуру продуктов сгорания 500о 

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

9

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

По полученным значениям строим график зависимости энтальпии 1м3 продуктов сгорания от температуры (рис. 1)

Графически определяем, что iобщ  =3558 кДж/м3 соответствует расчетная температура tрасч.=2150 oC

Действительная температура горения:



где  – опытный пирометрический коэффициент ()



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

10

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

***2. Расчет теплообмена в рабочем пространстве печи.***

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

11

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

*2.1 Режим нагрева заготовок.*

Расчет нагрева заготовок проводится в предположении:

* симметричного температурного поля в заготовке в зонах с двухсторонним обогревом;
* постоянной температуры газов в сварочной зоне.

*2.2 Расчет внешнего теплообмена в рабочем пространстве печи.*

Ширина рабочего пространства:



где n – число рядов заготовок

 – расстояние между рядами заготовок или между торцами заготовок и боковыми стенками печи, м.

 l – длина заготовки, м.



Средняя высота рабочего пространства печи:



в сварочной зоне – hсв = 2 м.

В методической зоне – hмет = 1,5 м.

Площадь пода печи:

 

где Lсв , Lмет. – соответственно длины сварочной и методической зон., м.



Внутренняя поверхность стен и свода:



Суммарная поверхность кладки и металла, окружающих газовый объем:



Объем заполняемого газом рабочего пространства



Средняя эффективная длина луча:



Парциальное давление газов:





Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

12

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

Степень черноты газов и  в сварочной и методической зонах определяем по приложениям 5 и 6.

Температура газов в сварочной зоне:



Средняя температура газов в методической зоне:



температура уходящих газов



Степень черноты продуктов сгорания:



где ­- поправочный коэффициент, определяем по приложению 7.



Угловой коэффициент излучения кладки на металл



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

13

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

Общая степень черноты системы газ-кладка-металл:

**в сварочной зоне:**

****

**в методической зоне:**



Приведенный коэффициент излучения от газов и кладки металла:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

14

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



*2.3 Расчет нагрева металла*

Среднемассовая конечная температура заготовки:

 где  – заданный конечный перепад температур в заготовке



Удельный тепловой поток к поверхности металла в конце нагрева

где – коэффициент теплопроводности металла при 

Определяем из рис. 6: 

2S – полная толщина металла, м.



 Рис.2 Зависимость  Рис.3 Зависимость 

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

15

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

Расчетная температура газов в сварочной зоне:



Коэффициент использования химической энергии топлива (КИТ) в сварочной зоне:



где  – количество тепла, уносимого уходящими газами из сварочной зоны.



где  – энтальпия продуктов сгорания, соответствующая температуре. 

 – количество тепла излучаемого из сварочной зоны в методическую.



 – удельный тепловой поток излучения (= 100 кВт/м2)

 – площадь поперечного сечения рабочего пространства на границе сварочной и методической зон.





Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

16

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

 – общая тепловая мощность печи



 – удельный расход тепла (b = 2500 кДж/кг)

G – производительность печи, кг/ч



КИТ в печи:



 – количество тепла уносимое уходящими газами из печи



 – энтальпия продуктов сгорания, соответствующая 

 



Изменение теплосодержания металла в печи:





Изменение теплосодержания металла вместе с образовавшейся окалиной:



 – угар металла, % (=2%)

Сок  – теплоемкость окалины, Сок = 1 кДж/(кг\*К)

m = 1,38



Приращение теплосодержания металла в методической зоне:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

17

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



Приращение теплосодержания в сварочной зоне:



Нагрев металла в методической зоне

Удельный тепловой поток в начале зоны:



Удельный тепловой поток в конце зоны:



 – средняя температура металла в конце методической зоны, соответствующая: 



Из рис.5: ТМ1=400 К



Уравнение для  решается методом последовательных приближений: полагаем 



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

18

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

Температура поверхности металла в конце зоны:



Переход температур по сечению металла в конце зоны:



Температура оси металла в конце зоны:



Средний тепловой поток в методической зоне:



Время нагрева металла в методической зоне:



Участок сварочной зоны с монолитным подом. Время нагрева металла на этом участке:



 – длина монолитного пода (= 5 м)

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

19

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



Критерий Фурье:



 Теплоемкость металла: 



Коэффициент теплопроводности:



Из рис.6 источника 1 



Критерий Био:



 Коэффициент теплоотдачи в конце нагрева:



Из приложения 9



Перепад температур в начале участка:



Удельный тепловой поток в начале участка:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

20

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

 Температура поверхности металла при переходе на монолитный под:



Среднемассовая температура металла:



 Температура на оси заготовки:



Участок сварочной зоны с двухсторонним обогревом.

Средний тепловой поток на участке:



 , соответствующие tМ2 определяем по рис.5



Приращение теплосодержания:



Время нагрева на участке:



Общее время нагрева:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

21

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

Удельная продолжительность нагрева:



 *2.4 Расчет основных размеров.*

Емкость печи:



Длина активного пода:



Длина методической зоны:



Длина сварочной зоны с монолитным подом:



Длина сварочной зоны с двухсторонним обогревом:



Площадь активного пода:



Площадь полезного пода:



 Напряженность активного пода:



Расстояние между опорными трубами составляет 1000 мм. Смотровые и рабочие окна располагаются симметрично с обеих сторон печи.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

22

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

В сварочной зоне на участке с двухсторонним обогревом располагается 28 смотровых окон;

а на участке с монолитным подом – 14 рабочих окон. Количество окон выбирается в зависимости от расстояния между осями окон, которое принимается для рабочих окон 1250 мм, для смотровых окон – 1700 мм.

 Общая площадь окон в сварочной зоне:



в методической зоне располагается 2 смотровых окна. Расстояние между осями 1,8 м.

 Общая площадь окон в методической зоне:



Размеры торцевых окон посада и выдачи:



 – высота окна, м



***3. Тепловой баланс печи:***

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

23

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

Приход тепла:

* 1. Тепло горения топлива:



где В – расход топлива, кг/с



* 1. Тепло, внесенное подогретым воздухом и топливом (газом):



* 1. Тепло, выделившееся при окислении железа:



 Расход тепла.

1. Полезное тепло на нагрев металла:



1. Потери тепла с уходящими газами:



1. Потери тепла теплопроводностью:



где  – средняя температура внутренней поверхности кладки, оС

  – температура окружающего воздуха, оС

  и  – соответственно толщина огнеупорной кладки и изоляции, м.

  и  – соответственно коэффициенты теплопроводности огнеупорной кладки и изоляции, Вт/м\*К

 – коэффициенты конвективной теплоотдачи от стенок и окружающего воздуха. ()

 – площадь поверхности кладки, м2.

Потери тепла теплопроводностью определяются как сумма потерь свода и стен сварочной и методической зон:



Средняя температура внутренней поверхности кладки tкл определяется следующим образом:



 Безразмерные температуры:





Методическая зона:

Средняя температура поверхности металла6



 Средняя температура газов в методической зоне:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

24

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



Безразмерные температуры:





Тепловые потери через свод в сварочной зоне.

Температура на границе слоев огнеупора и изоляции.



Средняя температура слоя огнеупора:



Средняя температура слоя изоляции:



Коэффициенты теплопроводности динаса:



Коэффициенты теплопроводности изоляции:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

25

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



 Потери тепла теплопроводностью 



где 

Температура на границе слоев огнеупора изоляции:



Правильность принятых средних температур слоев:



 Расхождение между принятым значением средних температур и подсчитанным по

 формулам допустимо.

Тепловые потери через стены сварочной зоны:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

26

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



где 



Температура по границе слоев огнеупора и изоляции:



Проверка правильности принятых средних температур слоев:



Расхождение между принятым значением средних температур и подсчитанным по формулам допустимо.

4.Потери тепла через окна печи:

Потери тепла через закрытые окна печи:

 в сварочной зоне:



где n – число окон;

  – площадь окна, м2;

 S – толщина стенки в 1 кирпич, м (S=0,203м)

  – коэффициент теплопроводности материала окна при 

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

27

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



в методической зоне:



Потери тепла излучением через открытые окна:

 в сварочной зоне:



где  – коэффициент диафрагмирования (=0,7)



Окончательно имеем:



5.Потери тепла с окалиной:



6.Потери тепла с охлаждающей водой:



7.Неучтенные потери:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

28

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



Приравняв приходные и расходные статьи теплового баланса, определяем секундный расход топлива В, кг/с:





 Приходные и расходные статьи теплового баланса сводятся в таблицу 2:



Табл.2 Тепловой баланс печи.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

29

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Статья | Приход тепла | Статья | Расход тепла |
| кВт | % | кВт | % |
| 1. Тепло горения топлива |  | 80,9 | 1. Полезное тепло на нагрев металла |  | 45,22 |
| 2. Тепло, внесенное подогретым воздухом и топливом (газом) |  | 12,7 | 2. Потери тепла с уходящими газами. |  | 32,08 |
| 3. Тепло, выделившееся при окислении железа. |  | 6,4 | 3. Потери тепла теплопроводностью через кладку. |  | 0,28 |
| Итого: | 88367,29 | 100 | 4. Потери тепла через окна печи. |  | 2,07 |
|  | 5. Потери тепла с окалиной. |  | 1,88 |
| 6. Потери тепла с охлаждающей водой. |  | 9,38 |
| 7. Неучтенные потери. |  | 9,09 |
| Итого: | 88433,425 | 100 |

***4.Основные теплотехнические показатели работы печи.***

Коэффициент использования химической энергии топлива , показывающий, какая доля химической энергии топлива остается в рабочем пространстве печи:



Общая тепловая мощность Мобщ печи:



Общая тепловая мощность складывается из полезной мощности Мпол и мощности холостого хода Мхх:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

30

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



 – количество тепла, выделенного при сжигании топлива, усвоенное металлом в печи, кВт.



 – тепло, усвоенное металлом от окисления железа, кВт



Мощность холостого хода:



Удельный расход тепла:



Удельный расход условного топлива:



Коэффициент полезного действия печи:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

31

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



***5.Аэродинамический расчет.***

*5.1 Расчет дымового тракта.*

При расчете дымового тракта потери давления на преодоление сопротивления трения газов о стенки рабочего пространства печи не учитываются.

1. Потери давления в вертикальных каналах.

Приведенная скорость дымовых газов при выходе из печи:



где m – коэффициент, учитывающий потери дыма на выбивании.



Приведенная скорость в вертикальных каналах принимается:



Сечение одного канала:



n – количество каналов



где  = 1,8м

  = 1,8м

Эквивалентный диаметр канала:



Высота канала: 

 Потери на трение в вертикальном канале:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

32

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



где  – коэффициент трения 

 – коэффициент объемного расширения газа, 



Местные потери давления при входе газового потока в вертикальные каналы:

 

 где  – коэффициент местного сопротивления. Из приложения 11: =0,47



Потери на преодоление геометрического напора:



1. Потери давления в борове.

Приведенная скорость дымовых газов: 

Сечение борова:



 выбирая ширину борова больше ширины вертикальных каналов ,

 определяем второй размер:



Эквивалентный диаметр борова:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

33

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



Принимаем длину борова  от вертикальных каналов до трубы 20 м, в том числе до рекуператора 10 м, 

Температура перед рекуператором:



Средняя температура на участке:



Температура перед трубой:



Средняя температура на участке:



потери давления на преодоление трения:



Местные потери давления при двух поворотах на  на пути от вертикальных каналов до рекуператора:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

34

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



, где  - коэффициент местного сопротивления

 Потери давления в рекуператоре: 

Местные потери давления при повороте на  на входе в дымовую трубу:



Общие потери при движении продуктов горения из рабочего пространства печи к основанию дымовой трубы:



*5.2 Расчет дымовой трубы*.

Действительное разряжение, создаваемое трубой:



По приложению 12 определяем высоту трубы: Н=35м

Температура в устье трубы:



Средняя температура газов в трубе:



Приведенную скорость газов в устье дымовой трубы принимаем: 

 Диаметр в устье:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

35

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

 Диаметр трубы у основания:



Средний диаметр трубы:



Приведенная скорость дымовых газов у основания трубы:



Высота дымовой трубы:

.

 – барометрическое давление, минимальное для данной местности, кПа (99 кПа)

 – нормальное атмосферное давление (101,32 кПа);



 

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

36

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

 ***6.Расчет топливосжигающих устройств.***

Расстояние между осями топливосжигающих устройств принимается 1 м.

Производительность одной горелки:



где n – количество горелок;



Расчет диффузионных горелок низкого давления.

Принимаем скорости выхода из горелок (приведенные к нормальным условиям): газа  воздуха 

Площадь сечения для прохода газа:



Диаметр газового сопла:



Площадь сечения для прохода воздуха:



Диаметр воздушного сопла:

 



Избыточное давление газа перед горелкой:



 Избыточное давление воздуха перед горелкой:



,где- коэффициент сопротивления форсунки

Длина факела:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

37

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**



где К – коэффициент (для природного газа К=1,5);



 ***7. Вывод:***

В данном курсовом проекте был произведен расчет методической печи, работающей по двудонному температурному режиму, производительностью 177т/ч. В ходе его был рассчитан процесс горения топлива, гидродинамики, теплоотдачи, нагрева металла и дымовой тракт. В результате получил следующие основные параметры методической печи:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

38

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

длина активного пода: 

длина методической зоны: 

длина сварочной зоны: 

высота методической зоны: 

высота сварочной зоны: 

ширина печи: 

высота дымовой трубы: 

расход газа: 

 емкость печи: *Е =155017* *кг.*

время нагрева металла в печи: 

КПД печи:

Литература.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

39

**ЧГУ КП 1101.000.000 ПЗ**

1. Кривандин В.А., Неведомская И.Н. и др. Металлургическая теплотехника. Конструкция и работа печей. 1,2 тома. Москва, Металлургия, 1986
2. расчет методических печей. Методические указания по курсовому проектированию. – Череповец: ЧГИИ: 1995, -56 с.